# 〈目次〉

第 1 講　理論化学①　…… p. 2
第 2 講　理論化学②　…… p. 6
第 3 講　有機化学　…… p. 10
第 4 講　高分子化合物　…… p. 14

# 第１講　理論化学①

**1**　次の文章を読み，問１～問４に答えなさい。

体積を自由に変えることのできるピストンを備えた容器を用いて，以下の操作１～４を順番に行った。なお液体の体積，ならびに液体への気体の溶解は無視してよい。また27℃と127℃での水の蒸気圧はそれぞれ$3.6\times10^3$Paおよび$2.5\times10^5$Paであり，気体はすべて理想気体として扱えるものとする。

操作１：容器にプロパンとブタンの混合気体を封入し，温度および圧力を27℃，$1.00\times10^5$Paとなるように調整した。そのときの体積は2.49Lであった。

操作２：酸素1.00molを容器中に加えて体積が70Lとなる位置でピストンを固定し，混合気体を適切な方法で完全燃焼させると，二酸化炭素が16.72g生成し，液体の水が生じた。燃焼反応が終わった後に容器全体を27℃に保った。

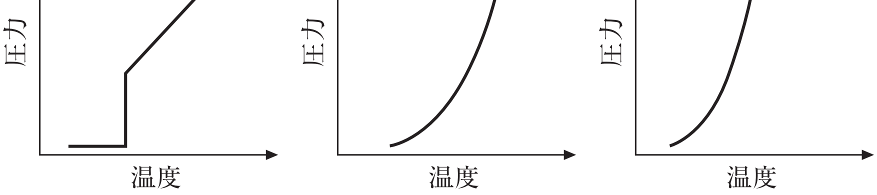
操作３：ピストンを体積が70Lとなる位置で固定したまま容器全体をゆっくりと温め，温度を127℃まで上昇させた。

操作４：容器全体の温度を127℃に保ったままピストンを動かして体積を減少させると，液体の水が生じた。

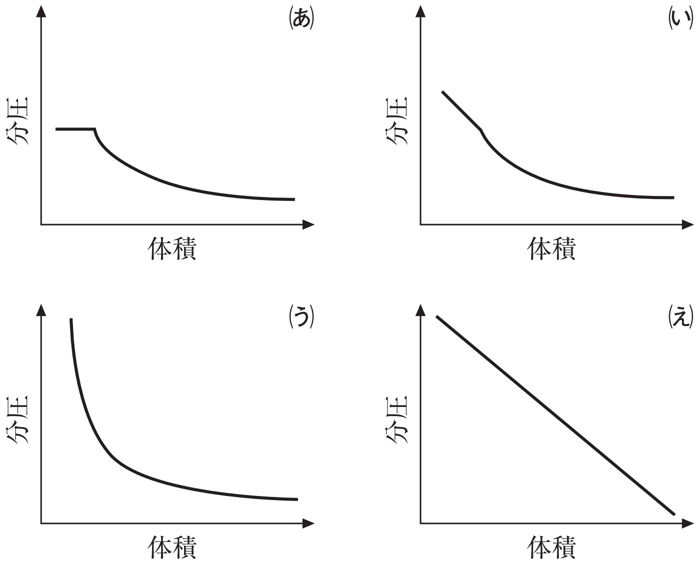
問１　操作１におけるプロパンおよびブタンの物質量〔mol〕を，それぞれ小数点以下第２位まで求めなさい。

問２　操作２の後で容器内に生じた液体の水の物質量〔mol〕を，有効数字２桁で求めなさい。

問３　操作３における圧力の変化を表す最も適切なグラフを，下図(あ)～(う)から１つ選び，記号で答えなさい。



問４　操作４における水および酸素の分圧の変化を表す最も適切なグラフを，下図(あ)〜(え)からそれぞれ１つずつ選び，記号で答えなさい。



**2** 次の文を読み，以下の設問(1)〜(4)に答えよ。

一定量の溶媒に溶ける固体(溶質)の量には限度(溶解度)があり，溶質が溶解度まで溶けた溶液が飽和溶液である。多くの固体の水への溶解度は温度が高くなると大きくなる。温度により水への溶解度が大きく異なる物質では，①高温の飽和水溶液を冷却すると結晶が容易に析出する。

②水を冷却していくと０℃以下で氷になるが，海水はおよそ－1.8℃以下にならないと氷にならない。このような③凝固点に差が生じる度合いは，溶媒の種類ごとに全ての溶質粒子(分子，イオン)の質量モル濃度に比例する。また，④実際の溶液を冷却すると凝固点以下の温度になってもしばらくは凝固しないことがあるが，物理的な衝撃などにより急速に凝固する。

(1)　下線部①の現象について実験を行った。塩化ナトリウム(NaCl)30.0gと硝酸カリウム($KNO_3$)70.0gを80℃の水100gに溶かした。この水溶液を20℃まで冷却したときに溶解しているNaClおよび$KNO_3$の質量モル濃度[mol/kg]を水への溶解度の変化から推定してそれぞれ答えよ。ただし，NaClの水100gへの溶解度は80℃と20℃でそれぞれ40.0gと37.8gであり，$KNO_3$の水100gへの溶解度は80℃と20℃でそれぞれ169gと31.6gである。

(2)　下線部②の凝固点に差が出る現象は何と呼ばれるか答えよ。

(3)　下線部③の関係について実験を行った。1.00kgの水に電解質のNaClを2.34g含む塩水を冷却すると凝固点は－0.15℃となった。また，1.00kgの水に非電解質の物質Aを21.6g溶かして冷却すると凝固点は－0.12℃となった。このとき下線部③の関係が成り立つとして，物質Aの分子量を答えよ。ただし，いずれの溶液も希薄溶液とみなす。

(4)　下線部④の現象は何と呼ばれるか答えよ。

＜Note＞

# 第２講　理論化学②

**1**　次の文章を読み，問１～問３に答えよ。

アンモニア$NH_3$の水溶液は式①の電離平衡にある。

$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4{}^+ + OH^-$　　①

水中でのアンモニアの電離定数$K_b$は，式②として表すことができる。

$$K_b = \frac{[NH_4{}^+][OH^-]}{[NH_3]} \quad ②$$

問１　$C$〔mol〕のアンモニアを1.0Lの水に溶解した水溶液のpHを，$K_b$，$C$および水のイオン積$K_w$を用いて示せ。なお，アンモニアの電離度は十分小さく，また，アンモニアの溶解にともなう水の体積変化はないものとする。

問２　式①の平衡状態にある希薄なアンモニア水に対する次の(ア)～(エ)の操作と結果の関係について，正しいものをすべて選び記号で答えよ。

(ア)　水で２倍に希釈すると，$NH_4{}^+$の濃度は２分の１になる。

(イ)　塩化水素HClを通じると，$NH_4{}^+$の濃度は上昇する。

(ウ)　水酸化ナトリウムNaOHを加えると，pHは小さくなる。

(エ)　酢酸アンモニウム$CH_3COONH_4$を加えると，pHは小さくなる。

問３　0.200mol/Lのアンモニア水0.500Lと0.400mol/Lの塩化アンモニウム$NH_4Cl$水溶液0.500Lを混合した1.00Lの水溶液を調製した。次の(1)，(2)に答えよ。

25℃の$K_b = 1.80 \times 10^{-5}$mol/L，$K_w = 1.00 \times 10^{-14}$mol$^2$/L$^2$とする。

(1)　この水溶液の25℃におけるpHを有効数字２桁で答えよ。

(2)　この水溶液に$5.00 \times 10^{-2}$molの塩化水素HClを通じ，すべて吸収させた。得られた水溶液の25℃におけるpHを，有効数字２桁で答えよ。

**2**　電解槽，直流電源，および直流電流計を用いて，電気分解の実験をおこなった。回路に流れる電流の値は電流計によって測定した。電流はすべて電解槽での電気分解につかわれると仮定する。なお，電気分解により発生した気体は水に溶解しないとする。また，電解槽は充分な容量をもち，水の蒸発および水溶液の濃度変化は無視できるとする。また，ファラデー定数$F$は，$F = 9.65 \times 10^4$ C/molとする。

図１のように，直列に電解槽［１］と電解槽［２］をつないだものに，直流電源および直流電流計を接続し，電気分解をおこなった。電解槽［１］では硫酸銅（Ⅱ）水溶液に電極として２枚の白金板**A**および**B**を入れ，電解槽［２］では塩化銅（Ⅱ）水溶液に電極として２本の炭素棒**C**および**D**を入れた。この回路に0.500Aの電流を３時間13分間流して電気分解をおこなった。電解槽［１］においては，白金板［あ］が陰極で，電気分解によって白金板［あ］では［い］した。電解槽［２］においては，炭素棒［う］が陽極で，電気分解によって炭素棒［う］では［え］した。［あ］，［い］，［う］，［え］の組み合わせとして正しいものは［ア］である。電解槽［１］および電解槽［２］から発生した気体の標準状態（0℃，$1.013 \times 10^5$Pa）における体積の合計は［イ］Lであった。

次に，図２のように，並列に電解槽［１］と電解槽［２］をつないで，直流電源および直流電流計を接続し，電気分解をおこなった。この回路に0.500Aの電流を３時間13分間流して電気分解をおこなったとき，電解槽［１］から発生した気体の標準状態（0℃，$1.013 \times 10^5$Pa）における体積は0.224Lであった。このとき電解槽［２］で発生した気体の標準状態（0℃，$1.013 \times 10^5$Pa）における体積は［ウ］Lであった。

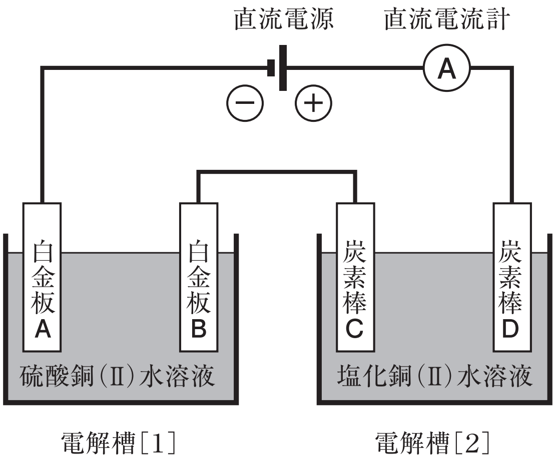

直流電源
直流電流計
A
⊖
⊕
白金板A
白金板B
炭素棒C
炭素棒D
硫酸銅(Ⅱ)水溶液
塩化銅(Ⅱ)水溶液
電解槽[1]
電解槽[2]

図 1

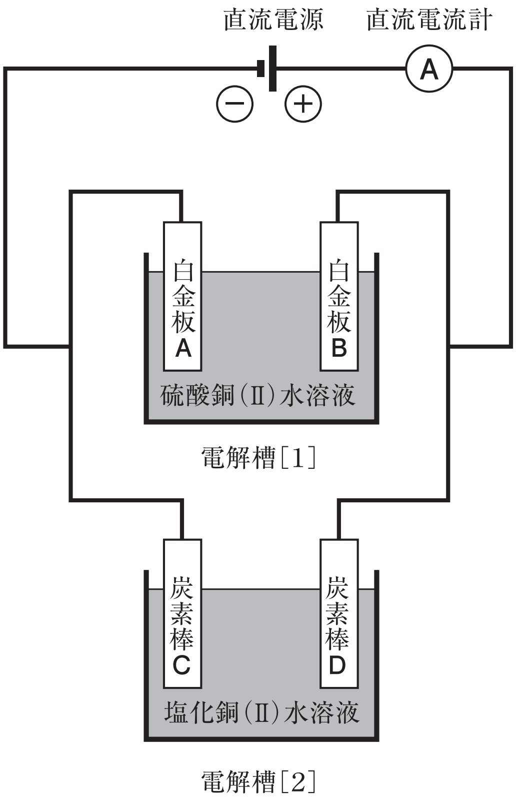

直流電源
直流電流計
A
⊖
⊕
白金板A
白金板B
硫酸銅(Ⅱ)水溶液
電解槽[1]
炭素棒C
炭素棒D
塩化銅(Ⅱ)水溶液
電解槽[2]

図 2

**ア** の解答群

| 番　号 | あ | い | う | え |
|---|---|---|---|---|
| ① | A | 銅が析出 | D | 塩素が発生 |
| ② | A | 銅が析出 | D | 銅が析出 |
| ③ | A | 酸素が発生 | D | 塩素が発生 |
| ④ | A | 酸素が発生 | D | 銅が析出 |
| ⑤ | B | 銅が析出 | C | 塩素が発生 |
| ⑥ | B | 銅が析出 | C | 銅が析出 |
| ⑦ | B | 酸素が発生 | C | 塩素が発生 |
| ⑧ | B | 酸素が発生 | C | 銅が析出 |

**イ** の解答群

① 0.336　② 0.672　③ 1.01　④ 1.34　⑤ 1.68
⑥ 2.02　⑦ 2.36　⑧ 2.69　⑨ 3.02

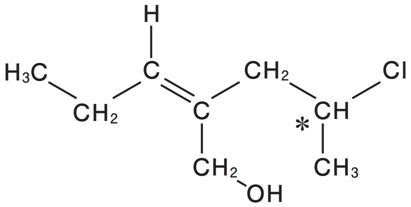
**ウ** の解答群

① 0.0560　② 0.112　③ 0.168　④ 0.224　⑤ 0.336
⑥ 0.448　⑦ 0.672　⑧ 0.784　⑨ 1.01

# 第３講　有機化学

**1**　化合物A～Fに関する次の文章(a)～(e)を読んで，以下の問いに答えなさい。構造式は例にならって示しなさい。不斉炭素原子は＊印をつけて表すものとする。必要があれば，原子量は次の値を使うこと。H＝1.00，C＝12.0，O＝16.0

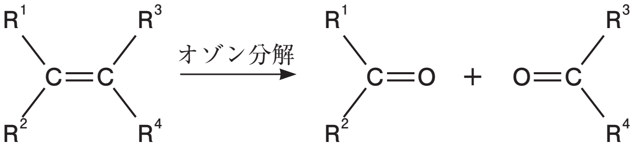
（例）




(a)　炭素数７の有機化合物Aを38.5mgはかりとって完全燃焼させたところ，二酸化炭素121mgと水49.5mgが得られた。

(b)　Aをオゾン分解すると，BとCが生成した。①B，Cはいずれもヨードホルム反応を示した。また，BおよびCの水溶液にそれぞれ②アンモニア性硝酸銀水溶液を加えると，Bでは銀が析出し，Cは変化しなかった。Cを解析したところ，分岐のないプロピル基（$CH_3CH_2CH_2$－基）を含むことが分かった。

炭素－炭素二重結合に対するオゾン分解は，以下の反応式で表される（$R^1$～$R^4$は炭化水素基または水素を示す）。




(c)　１molのAは触媒存在下，常圧で１molの水素と反応し，分子量がAから２だけ増加したDが生成した。Dは不斉炭素原子を１つ含む。

(d)　臭素水をAに加えたところ，１molのAに対して１molの臭素が付加し，Eが生成した。Eは不斉炭素原子を２つ含む。

(e)　Aにリン酸を触媒として水を付加させると第三級アルコールFが生成した。Fは不斉炭素原子を１つ含む。

問１　Aの分子式を答えなさい。

問２　化合物BおよびCの構造式を書きなさい。

問３　Aとして考えられる化合物の構造式をすべて書きなさい。ただし，シス，トランスなどの立体異性体がある場合は区別して書きなさい。

問４　化合物D，E，Fの構造式を書きなさい。ただし，例にならって不斉炭素原子に＊印を付けなさい。

問５　Dは，同じ分子式を持つ直鎖状の構造異性体と比べて沸点が低い。この理由を60字以内で説明しなさい。

問６　下線①のヨードホルム反応に関する以下の式中の［ア］（ヨードホルム），［イ］にあてはまる適切な化合物を化学式で書きなさい。

$$B + 4NaOH + 3I_2 \longrightarrow \underset{\text{ヨードホルム}}{\boxed{ア}} + \boxed{イ} + 3NaI + 3H_2O$$

問７　下線②の反応で銀が析出するのは，Bがアンモニア性硝酸銀水溶液中の銀を還元するためである。この反応に関する以下の式中の［ウ］にあてはまる適切なイオンの化学式を書きなさい。

$$B + 2[Ag(NH_3)_2]^+ + 3OH^- \longrightarrow \boxed{ウ} + 2Ag + 4NH_3 + 2H_2O$$

**2** 次の文章を読み，設問(1)～(7)に答えよ。

化合物Aは$C_{19}H_{20}O_4$の分子式をもつ芳香族化合物であり，不斉炭素原子とエステル結合を有する。化合物Aに①強塩基性水溶液を加えてエステル結合を加水分解した後，十分に酸を加えて溶液を酸性にしたところ，化合物B，化合物C，および化合物Dが得られた。化合物B，C，Dをそれぞれ炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると，化合物Bからは二酸化炭素が発生したが，化合物C，Dからは発生しなかった。化合物Cを水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると，②特有の臭気をもつ黄色沈殿が生じた。化合物C，Dにそれぞれ塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ，化合物Cは呈色反応を示さなかったが，化合物Dは呈色した。化合物Dは芳香族化合物であり，ベンゼン環の水素原子１個を臭素原子で置換してできる化合物は２種類存在した。

(1) 下線部①に示す加水分解反応を特に何とよぶか答えよ。

(2) 下線部②に示す沈殿化合物の名称を示せ。

(3) 化合物Aの試料3.12 gを完全燃焼させたときに発生する二酸化炭素について，標準状態(0℃，$1.013\times10^5$Pa)における気体の体積を有効数字３桁で求めよ。ただし，標準状態(0℃，$1.013\times10^5$Pa)における気体のモル体積を22.4 L/molとする。

(4) 化合物Bとエチレングリコールを縮合重合すると，ポリエチレンテレフタラートが生成した。化合物Bの名称を示せ。

(5) 化合物Cの構造式を示せ。また，化合物Cの構造異性体の数はいくつになるか示せ。ただし，化合物Cもその数に含めるものとする。

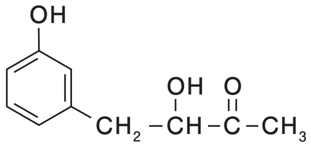
(6) 化合物Dの名称と構造式を示せ。

(7) 化合物Aの構造式を示せ。

＜Note＞

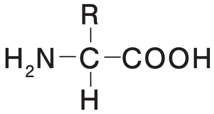
# 第４講　高分子化合物

**1**　次の記述を読んで，問い(問１～問３)に答えよ。ただし，構造式を書く場合は，例にならって書け。

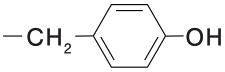


構造式の例

1．鎖状トリペプチドAは，下記のα-アミノ酸(a)～(f)のいずれかで構成され，不斉炭素原子を２つもつ。
2．トリペプチドAを部分加水分解すると，ジペプチドとして，BとCが生成した。
3．ジペプチドBを加水分解すると，アミノ酸DとEが生成した。また，ジペプチドCを加水分解すると，アミノ酸DとFが生成した。
4．ジペプチドBとCに，それぞれ濃硝酸を加えて加熱すると黄色を呈し，さらに冷却後，アンモニア水を加えて塩基性にすると，橙黄色になった。
5．ジペプチドCのペプチド結合していないα-アミノ基がある側の末端のアミノ酸は，濃水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると，黒色沈殿を生じるアミノ酸である。



アミノ酸(a)～(f)の一般式

| | 置換基Rの化学構造 |
|---|---|
| アミノ酸(a) | $-H$ |
| アミノ酸(b) | $-CH_3$ |
| アミノ酸(c) | $-CH_2SH$ |
| アミノ酸(d) | $-(CH_2)_4NH_2$ |
| アミノ酸(e) | $-(CH_2)_2COOH$ |
| アミノ酸(f) |  |

問１　下線部に関する下記の記述の[　ア　]～[　ウ　]に適切な語句を記せ。

アミノ酸に含まれる[　ア　]が，濃硝酸によって[　イ　]化されることを利用した呈色反応であり，[　ウ　]反応という。

問２　アミノ酸DとEの名称を書け。

問３　トリペプチドAの構造式を書け。

**2**　次の文章を読み，問１～問７に答えよ。

米国デュポン社のウォーレス・カロザースは1920年代に(i)分子量の小さい分子の化学反応を応用することで，高分子化合物が合成できることを確信し，高分子化合物の人工合成の研究を始めた。1930年頃に世界初の(ii)合成ゴムである［(ア)］の合成に成功した。次いで，(iii)ポリエステルの合成にも成功した。ポリエステルは，軟化点が低いという欠点があった。原料の検討を重ね，1935年にナイロン66を発明した。(iv)ナイロン66は高い安定性と強さを持ち，［(イ)］として量産化され，(v)［(ウ)］に替わる材料として，ナイロン66が使われたストッキングの販売が開始された。

問１　［(ア)］～［(ウ)］にあてはまる適切な語句を以下の(あ)～(け)から一つ選び，記号で答えよ。

(あ)　ネオプレン(クロロプレン)　(い)　メラミン　(う)　ノボラック　(え)　炭素繊維
(お)　合成繊維　(か)　合成樹脂　(き)　絹　(く)　麻　(け)　羊毛

問２　下線部(i)に関連して，ポリエステルの例として，ポリエチレンテレフタラート(PET)が挙げられる。その原料は２価カルボン酸(テレフタル酸)と２価アルコール(エチレングリコール)である。２つの原料を混合して加熱したとき，最初に起こる反応を化学反応式で示せ。

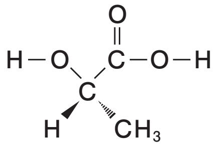
問３　問２に関連して，PETの合成反応をエステル化の反応の連鎖と仮想的に考える。５分子のテレフタル酸と５分子のエチレングリコールを反応させ，５分子の水が生成したところで，反応を停止させた。このとき，反応混合物中に存在する可能性のあるすべての有機化合物のうち，(1)最大の分子量をもつ分子および(2)最小の分子量をもつ分子の構造式を示せ。なお，繰り返し単位がある場合は，右の例にならって示せ。

$$HO\text{-}\!\!\left[CH_2-CH_2-O\right]_n\!\!\text{-}H$$

問４　下線部(ii)の合成ゴムの特徴について，最も適切なものを次の(こ)～(す)から一つ選び，記号で答えよ。

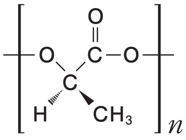
(こ)　耐候性・耐薬品性に優れており，弾性をもつ。
(さ)　加熱すると硬くなり，高い機械的な強度と耐熱性をもつ。
(し)　引き伸ばすと繊維になり，繊維として強度や耐久性に富む。
(す)　加熱すると柔らかくなり，成型・加工ができる。

問５　下線部(iii)に関連して，ポリエステルはヒドロキシ基とカルボキシ基の両方を有する一種類の化合物からもエステル化により合成することができる。例として右図に示す L-乳酸（分子量：90.0）がある。L-乳酸の鏡像異性体であるD-乳酸を用いて，縮合重合を行ったところ，平均分子量$3.60 \times 10^4$のポリ(D-乳酸)が得られた。以下の(1)，(2)に答えよ。ただし，平均分子量とは含まれる全ての分子の分子量の和を総分子で割ったものである。なお，L-乳酸の構造式において，不斉炭素につながる結合のうち，実線は紙面上の結合を，破線は紙面の向こう側にある結合を示し，くさび形の太い線は紙面の手前にある結合を示している。

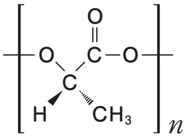


L－乳酸

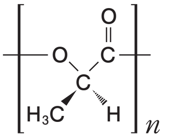
(1)　ポリ(D-乳酸)の構造式を次の(せ)～(ち)から一つ選び，記号で答えよ。



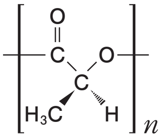
(せ)



(そ)



(た)



(ち)

(2)　生成したポリ(D-乳酸)の平均の繰り返し単位の数($n$)を整数で答えよ。

問６　下線部(iv)に関連して，以下の文章はナイロンがポリエステルに比べて，高い安定性と強さをもつ理由を示したものである。[ (エ) ]，[ (オ) ]にあてはまる最も適切な語句を記せ。

ナイロンの分子構造を見ると，その繰り返し単位には，[ (エ) ]結合があるため，分子間力である[ (オ) ]によって，ナイロン分子が強く会合するから。

問７　下線部(v)に関連して，ナイロンは天然高分子の模倣と考えることができる。ナイロンを合成する際に形成される共有結合と同じ結合を含む天然高分子はどれか。次の(つ)～(は)から二つ選び，記号で答えよ。

(つ)　アミロース　　(て)　アミロペクチン　　(と)　アラミド　　(な)　グリコーゲン

(に)　ケラチン　　(ぬ)　セルロース　　(ね)　デンプン　　(の)　ビニロン

(は)　ヘモグロビン

# テキスト解答

# 第１講

**1**

問１　プロパン：0.02 mol　　ブタン：0.08 mol

問２　$3.8 \times 10^{-1}$ mol

問３　(う)

問４　水：(あ)　　酸素：(う)

**2**

(1)　NaCl　5.1 mol/kg　　$KNO_3$　3.1 mol/kg

(2)　凝固点降下

(3)　$3.4 \times 10^2$

(4)　過冷却

# 第 2 講

## 1

問1　$\frac{1}{2}\log_{10}CK_{\mathrm{b}} - \log_{10}K_{\mathrm{w}}$

問2　(イ), (エ)

問3　(1)　9.0　　(2)　8.6

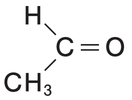
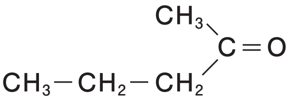
## 2

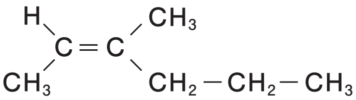
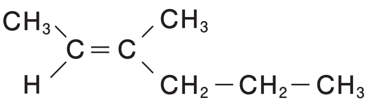
ア　①　　イ　③　　ウ　④

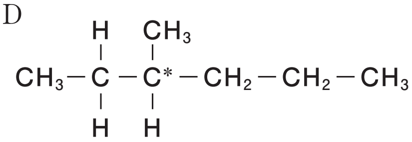
# 第３講

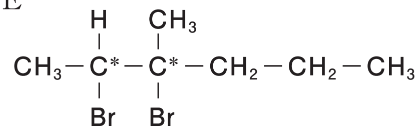
## 1

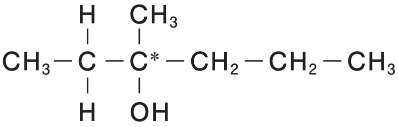
問１　$C_7H_{14}$

問２　B

C


問３



問４　D


E


F


問５　枝分かれをもつ分子は直鎖のものにくらべて表面積が小さく，比べて分子間力が弱くなるため。

問６　ア　$CHI_3$　　イ　HCOONa

問７　ウ　$CH_3COO^-$

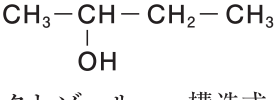
## 2

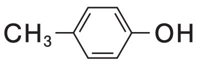
⑴　けん化

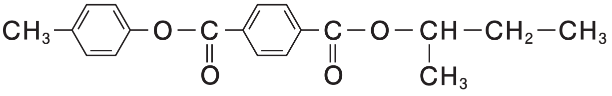
⑵　ヨードホルム

⑶　4.26 L

⑷　テレフタル酸

⑸　構造式

構造異性体の数　7

⑹　名称　*p*-クレゾール　　構造式


⑺


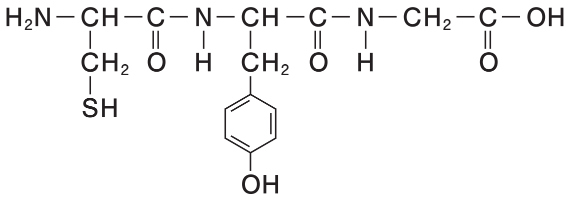
# 第４講

## 1

問１　ア　ベンゼン環　　イ　ニトロ　　ウ　キサントプロテイン

問２　D　チロシン　　E　グリシン

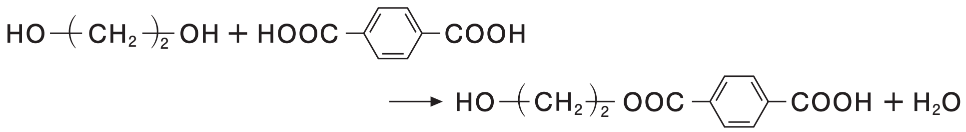
問３



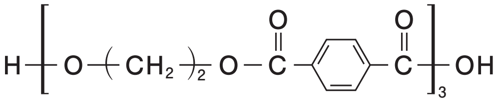
## 2

問１　(ア)　(あ)　　(イ)　(お)　　(ウ)　(き)

問２



問３　(1)



(2)　$HO-(CH_2)_2-OH$

問４　(こ)

問５　(1)　(た)　　(2)　500

問６　(エ)　アミド　　(オ)　水素結合

問７　(に), (は)

Ⓒ RECRUIT
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。